



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 38 826 A 1**

⑤1 Int. Cl.®:
G 05 B 19/18

②1 Aktenzeichen: 195 38 826.7
②2 Anmeldetag: 18. 10. 95
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 97

DE 195 38 826 A 1

⑦1 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

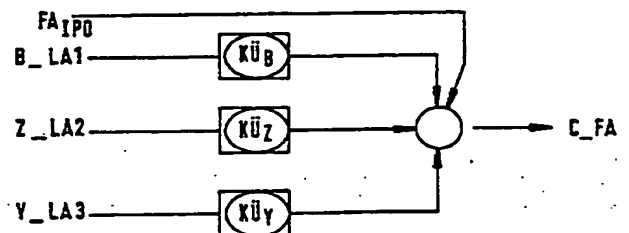
⑦2 Erfinder:
Baer, Thomas, Dipl.-Ing., 91096 Möhrendorf, DE;
Welker, Johannes, Dipl.-Ing., 92318 Neumarkt, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
EP 02 50 775 A2

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum Einsynchronisieren von Leit- und Folgeachsen

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einsynchronisieren von Leit- und Folgeachsen, insbesondere bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Robotern mit elektronischer Achskopplung, wobei, sofern nicht bereits bestimmt, definierte Positionen für die Leitachse (B_LA1, C_LA2, Y_LA3) und Folgeachsen (C_FA) bezogen auf das Absolutlagersystem bestimmt werden, die Kopplung eingeschaltet wird und die Leitachsen (B_LA1, C_LA2, Y_LA3) auf die gewünschte Geschwindigkeit gefahren werden, gewartet wird, bis die Folgeachsen (C_FA) eine synchrone Drehzahl erreicht haben, die Leitachsenpositionen und Folgeachsenpositionen gemessen werden, die Meßwerte zu einem einheitlichen Abtastzeitpunkt abgespeichert werden und für jede Folgeachse (C_FA) ein Synchronlauffehler (ΔC) ermittelt wird und dieser Synchronlauffehler durch eine überlagerte Folgeachsbewegung der zugehörigen Folgeachse (C_FA) ausgeglichen wird. Im Falle des Vorliegens von Folgeachsen, die als periodische Achsen ausgeprägt sind, erfolgt eine Verkürzung des Synchronisierweges zum Ausgleichen eines Synchronlauffehlers durch Modulordnung mit der Teilung der zugehörigen Folgeachse.



DE 195 38 826 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 03. 97 702 018/22

9/22

6.1 die definierte Position für die Folgeachse wird durch einen berührungslosen Sensor oder einen berührenden Sensor bezogen auf das Absolutlagesystem bestimmt.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß Leit- und Folgeachsen für ein Einsynchronisieren nicht ständig erneut vor der Bearbeitung positioniert werden müssen, sondern zeitoptimal einsynchronisiert werden. Darüber hinaus ist eine Einsynchronisation während des Verfahrens jederzeit möglich. Auch unter Einbeziehung des Falles, daß Folgeachsen als periodische Achsen, endlosdrehende Rundachsen oder Teilungsachsen ausgeprägt sind, wird das zeitoptimale Verhalten gewährleistet, indem ein Einsynchronisieren in noch kürzerer Zeit durchgeführt werden kann.

Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Dabei zeigen im einzelnen:

Fig. 1 Anordnung eines elektrischen Getriebes anhand des Zahnradnachbearbeitens durch Wälzschleifen mit einer Schleifschnecke als Leitachse und zu fertigendem Zahnrad als Folgeachse und

Fig. 2 Prinzipskizze der Signalführung zum Einsynchronisieren von Leit- und Folgeachsen.

Fig. 3 Skizze zum vollautomatischen Einrichten von Folgeachse und Leitachse am Beispiel einer Zahnradbearbeitung,

Fig. 4 automatisches Einrichten eines Zahnrades und einer Schleifschnecke mit einem berührungslosen Sensor, welcher der Position des Werkzeugs gegenüber liegt,

Fig. 5 vollautomatisches Einrichten eines Zahnrades und einer Schleifschnecke mit Hilfe eines berührenden Meßtasters.

In der Darstellung gemäß Fig. 1 ist eine Anordnung eines elektrischen Getriebes anhand des Anwendungsfalles des Zahnradnachbearbeitens durch Wälzschleifen dargestellt. Dabei muß eine Wälzschleifschnecke B exakt in die Lücken des Zahnrades C greifen, was durch die Schraffur der beiden Elemente angedeutet ist. Die Wälzschleifschnecke B wird durch eine erste Leitachse B LA1 angetrieben, während das Zahnrad C durch eine Folgeachse C FA geführt wird. Beide Achsen sind in Form von Pfeilen gezeigt, die durch den Mittelpunkt verlaufen. Ein geschwungener Pfeil deutet jeweils die Tatsache an, daß es sich um Umdrehungsachsen handelt. Daneben sind zwei weitere Leitachsen Z LA2 und Y LA3 vorgesehen. Diese müssen als Voraussetzung für ein erfolgreiches Einsynchronisieren von Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 und Folgeachse C FA auf definierten Positionen bezogen auf ihr absolutes Lagesystem stehen. Diese auch als Synchronpositionen bezeichneten Positionen sind für die Leitachsen mit B₀, Y₀ und Z₀, sowie für die Folgeachse mit C₀ bezeichnet.

Ist eine solche Synchronposition C₀, B₀, Y₀, Z₀ zu Beginn nicht vorhanden, so muß diese vorab ermittelt werden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß alle Leitachsen und die Folgeachse in eine definierte Ausgangsposition verfahren werden.

Unter der Voraussetzung, daß die Übersetzungsverhältnisse K_{UB}, K_{UZ}, K_{UY} korrekt angegeben sind, kann nun mit jeder Leitachse B LA1, Z LA2 und Y LA3 verfahren werden, ohne daß die Schleifschnecke B die richtige Position im Zahnrad C verläßt. Eine Prinzip-

skizze zur Signalführung dazu ist in der Darstellung gemäß Fig. 2 gezeigt, wobei die Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 multipliziert mit einem jeweiligen Übersetzungsverhältnis K_{UB}, K_{UZ}, K_{UY} verknüpft werden. Die Verknüpfung ist durch einen Kreis dargestellt, an den die genannten Signale in Form von Pfeilen führen. Eine mögliche Verknüpfung besteht in einer Addition der zugeführten Signale. Dazu kommt ein Signal FA_{IP0}, welches zur Interpolation der Folgeachse dient. Dieses wird mit den anderen Signalen verknüpft und aus dem Verknüpfungsergebnis das Signal für die Folgeachse C FA abgeleitet, erkennbar anhand des von dem Kreis wegführenden Pfeils. Eine Folgeposition C₁ für die Folgeachse C FA läßt sich anhand der folgenden Berechnungsvorschrift bestimmen, wobei mit B₁, Y₁ und Z₁ die Positionen der Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 bestimmt sind, auf die mit diesen Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 verfahren wird:

$$C_1 = C_0 + (B_1 - B_0) \cdot K_{UB} + (Z_1 - Z_0) \cdot K_{UZ} + (Y_1 - Y_0) \cdot K_{UY} \quad (1)$$

Mit dieser Berechnungsvorschrift (1) läßt sich zu jedem beliebigen Zeitpunkt die Position C₁ berechnen, die die Folgeachse C FA einnehmen muß, um synchron mit allen Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 zu sein.

Um nun ein Einsynchronisieren von Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 und Folgeachse C FA gemäß der vorliegenden Erfindung herbeizuführen, wird eine Kopplung zwischen Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 und Folgeachse C FA sofort eingeschaltet und alle Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 werden auf ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit hochgefahren. Die Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 können sich aber beispielsweise vom letzten Bearbeitungsprogramm noch in Bewegung befinden. In einem solchen Fall wird die Kopplung auch sofort eingeschaltet und die Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 werden auf ihre neue Bearbeitungsgeschwindigkeit gefahren. Aufgrund der Kopplung von Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 und Folgeachse C FA ändert auch die Folgeachse C FA ihre Geschwindigkeit. Dabei kann die Folgeachse C FA entsprechend einer festgelegten Beschleunigungsrampe, welche beispielsweise durch die Dynamik des für die Folgeachse C FA vorgesehenen elektrischen Antriebes bestimmt wird, beschleunigt werden. Dabei kann es jedoch passieren, daß Weginkremente, die aufgrund einer eventuell vorhandenen Beschleunigungsbegrenzung nicht abgefahren werden, verloren gehen. Dies führt zu einem Synchronlauffehler ΔC, welcher die Abweichung zwischen der gewünschten Position der Folgeachse C FA und der tatsächlichen Position darstellt.

Nach Ende des Hochlaufs der Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 wird solange gewartet, bis die Folgeachse C FA eine zu den Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 synchrone Drehzahl erreicht hat. Anschließend werden zu einem einzelnen Abtastzeitpunkt die Positionen B_M, Z_M und Y_M aller Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 und die Position C_M der Folgeachse C FA gemessen und abgespeichert. In digitalen Systemen geschieht dies zu einem beliebigen Taktzeitpunkt. Anhand der folgenden Berechnungsvorschrift (2), in die die gemessenen Positionen B_M, Z_M und Y_M von Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3 eingetragen sind, kann eine Position C* ermittelt werden, wo sich die Folgeachse C FA zum Abtastzeitpunkt M hätte befinden müssen, um mit den Leitachsen B LA1, Z LA2 und Y LA3

Messungen, beispielsweise für eine Serienfertigung, auf das Ausmessen der zweiten Flanke verzichtet werden. Die Lückenmitte liegt um den gespeicherten Wert neben der gemessenen ersten Flanke. Aufgrund der Hysterese des Sensors S müssen Folgemessungen mit der gleichen Drehzahl wie die erste Messung erfolgen.

Nach dem gleichen Verfahren kann auch die Position eines Zahnes am Werkzeug B gemessen werden, sofern ein geeigneter Sensor zur Verfügung steht. Der Sensor braucht dabei nicht in dem eigentlichen Arbeitsraum montiert zu sein, da lediglich die absolute Lage eines Bearbeitungszahnes notwendig ist. Diese kann auch als spezielle Werkzeugkorrektur zum jeweiligen Werkstück abgespeichert werden.

In der Darstellung in Fig. 5 ist das Verfahren eines automatischen Einrichtens von Werkzeug B und Werkstück ZR anhand eines berührenden Sensors, einem Meßtaster M gezeigt. Ein Meßtaster M wird an beliebiger Stelle in die Zahnradlücke eines Zahnrades ZR geführt. Durch Drehung des Zahnrades ZR werden die absoluten Positionen der benötigten Flanken ermittelt. Daraus wird die Zahnradlückenmitte bestimmt. Dieses Verfahren wird mit beliebigen weiteren Zahnradlücken wiederholt. Die vorher ermittelte Zahnradlückenmitte wird um die Zahl der Teilungen, um die weiter positioniert wurde, auf die neue Zahnradlücke hochgerechnet und aus der oder den vorhergehenden Zahnradlücken ein Mittelwert gebildet. Diese Zahnradlückenmitte wird um die Sensorverschiebung ΔC_s auf die Bearbeitungsposition umgerechnet und damit nach dem eingangs erläuterten Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung einsynchronisiert. Anstelle eines Meßtasters M sind auch andere berührende Sensoren einsetzbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Einsynchronisieren von Leit- und Folgeachsen, insbesondere bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Robotern mit elektronischer Achskopplung, mit folgenden Verfahrensschritten:

1.1 die Kopplung wird eingeschaltet und die Leitachsen (B LA1, Z LA2, Y LA3) werden auf die gewünschte Geschwindigkeit gefahren, 1.2 es wird gewartet bis die Folgeachsen (C FA) eine synchrone Drehzahl erreicht haben,

1.3 die Leitachsenpositionen (B_M , Z_M , Y_M) und Folgeachsenpositionen (C_M) werden gemessen,

1.4 die Meßwerte werden zu einem einheitlichen Abtastzeitpunkt abgespeichert,

1.5 zu jeder Folgeachse (C FA) wird ein Synchronlauffehler (ΔC) ermittelt,

1.6 jeder Synchronlauffehler (ΔC) wird durch eine überlagerte Folgeachsbewegung der zugehörigen Folgeachse (C FA) ausgeglichen.

2. Verfahren zum Einsynchronisieren von Leit- und Folgeachsen, insbesondere bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Robotern mit elektronischer Achskopplung, wobei sich Leitachse (B LA1, Z LA2, Y LA3) und Folgeachse (C FA) nicht in einer Synchronposition (B_0 , Z_0 , Y_0 , C_0) befinden, mit folgenden Verfahrensschritten:

2.1 definierte Positionen (B_0 , Z_0 , Y_0 , C_0) für die Leitachsen (B LA1, Z LA2, Y LA3) und Folgeachsen (C FA) bezogen auf das Absolutlagesystem werden bestimmt,

2.2 die Kopplung wird eingeschaltet und die Leitachsen (B LA1, Z LA2, Y LA3) werden auf die gewünschte Geschwindigkeit gefahren, 2.3 es wird gewartet bis die Folgeachsen (C FA) eine synchrone Drehzahl erreicht haben,

2.4 die Leitachsenpositionen (B_M , Z_M , Y_M) und Folgeachsenpositionen (C_M) werden gemessen,

2.5 die Meßwerte werden zu einem einheitlichen Abtastzeitpunkt abgespeichert,

2.6 zu jeder Folgeachse (C FA) wird ein Synchronlauffehler (ΔC) ermittelt,

2.7 jeder Synchronlauffehler (ΔC) wird durch eine überlagerte Folgeachsbewegung der zugehörigen Folgeachse (C FA) ausgeglichen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Folgeachsen als periodische Achsen ausgeprägt sind, mit folgendem weiteren Verfahrensschritt:

3.1 der Synchronisierweg zum Ausgleichen eines Synchronlauffehlers (ΔC) wird durch Modulordnung mit der Teilung der zugehörigen Folgeachse (C FA) ermittelt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Folgeachsen als endlosdrehende Rundachsen ausgeprägt sind, mit folgendem weiteren Verfahrensschritt:

4.1 das Ausgleichen eines Synchronlauffehlers (ΔC) erfolgt durch Auswahl des kürzesten Weges innerhalb des Moduls eine Umdrehung der zugehörigen Folgeachse (C FA).

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Folgeachsen als Teilungsachsen ausgeprägt sind, mit folgendem weiteren Verfahrensschritt:

5.1 das Ausgleichen eines Synchronlauffehlers (ΔC) erfolgt durch Auswahl des kürzesten Weges innerhalb des Moduls der Teilungszahl der zugehörigen Folgeachse (C FA).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, mit folgendem weiteren Verfahrensschritt:

6.1 die definierte Position (C_0) für die Folgeachse (C FA) wird durch einen berührungslosen Sensor (S) oder einen berührenden Sensor (M) bezogen auf das Absolutlagesystem bestimmt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

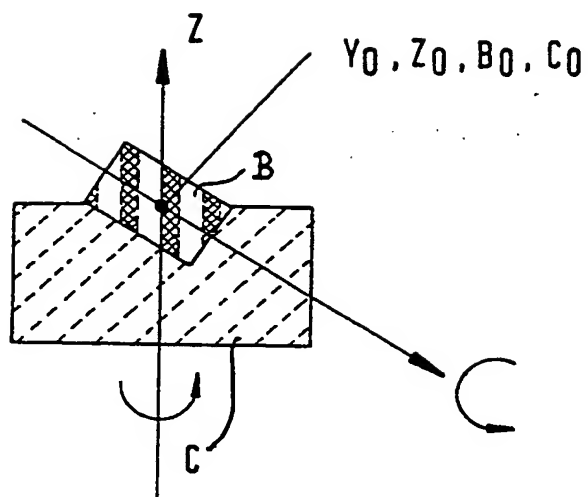


FIG 1

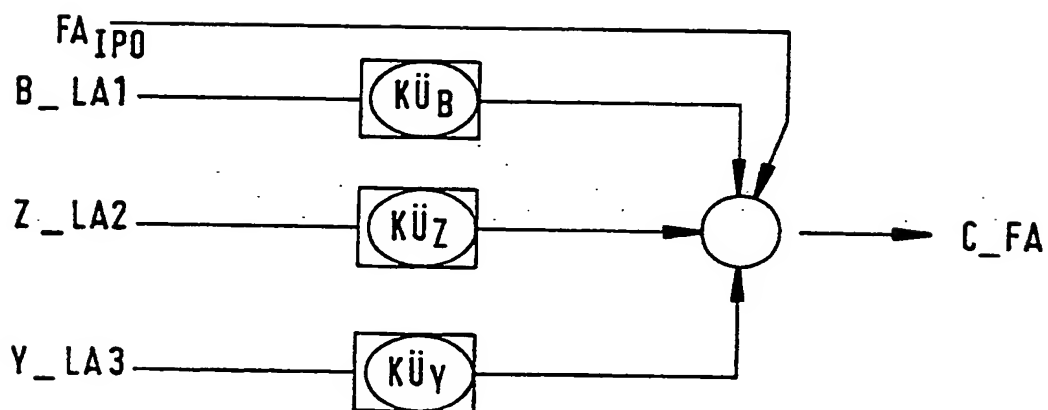


FIG 2